

[Abstract of DE 43-27 458 A1] ✓

---

Job No.: 604-100887

Ref.: TG/CR00-043/8300026285 Line 20

Translated from German by the Ralph McElroy Translation Company  
910 West Avenue, Austin, Texas 78701 USA

\* \* \*

A magnetoresistive sensor element is described, of which the resistance strips consist of series-connected elliptical areas of anisotropically magnetoresistive material that have a minimum spacing from one another and which are connected by nonmagnetic conductor layer surfaces that partially cover the elliptical areas such that the delimitation lines of the conductor layer surfaces form an angle of roughly  $45^\circ$  to the longitudinal direction of the strips. The resistance strips of a voltage divider or a bridge are arranged in a line such that they can be accommodated in a narrow gap of a flux-concentrator device. The high field amplification of the flux concentrator that is achievable thereby and the easy rotatability of the magnetization in the elliptical areas are the prerequisites for an extremely sensitive magnetic field sensor element.

\* \* \*



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 43 27 458 A 1

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 01 L 43/08  
H 01 F 10/08  
G 01 R 33/08

⑳ Aktenzeichen: P 43 27 458.7  
㉔ Anmeldetag: 16. 8. 93  
㉕ Offenlegungstag: 23. 2. 95

DE 43 27 458 A 1

㉑ Anmelder:  
Institut für Mikrostrukturtechnologie und  
Optoelektronik, 35578 Wetzlar, DE

㉒ Erfinder:  
Dettmann, Fritz, Dr., 35764 Sinn, DE; Loreit, Uwe,  
35580 Wetzlar, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Sensorchip zur hochauflösenden Messung der magnetischen Feldstärke

⑤⑦ Es wird ein magnetoresistives Sensorelement beschrieben, dessen Widerstandsstreifen aus in Reihe geschalteten elliptischen Bereichen anisotrop magnetoresistiven Materials bestehen, die einen Mindestabstand voneinander haben und bei denen die Verbindung durch nichtmagnetische Leitschichtflächen erfolgt, die die elliptischen Bereiche teilweise so bedecken, daß die Begrenzungslinien der Leitschichtflächen mit der Streifenlängsrichtung einen Winkel von etwa 45° bilden. Die Widerstandsstreifen eines Spannungsteilers oder einer Brücke sind in einer Linie angeordnet, so daß diese in einem schmalen Spalt einer Flußkonzentratoranordnung untergebracht werden kann. Die so erreichbare hohe Feldverstärkung des Flußkonzentrators und die leichte Drehbarkeit der Magnetisierung in den elliptischen Bereichen sind Voraussetzung für ein höchstempfindliches Magnetfeldsensorelement.

DE 43 27 458 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 94 408 068/59



Magnetfeldmeßelemente, die die Änderung des elektrischen Widerstandes von Schichtstreifen ausnutzen, die aus dünnen Schichten anisotropen magnetoresistiven Materials bestehen, sind allgemein bekannt. Eine zusammenfassende Darstellung der Eigenschaften und der Aufbauprinzipien solcher Meßelemente wird z. B. von U. Dibbern in "Sensors" Volume 5, "Magnetic Sensors" VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1989 auf den Seiten 341 bis 380 gegeben. Der spezifische Widerstand des anisotropen Materials ist vom Winkel zwischen der Stromrichtung und der Richtung der Eigenmagnetisierung abhängig. Die Widerstandsänderung der magnetoresistiven Schichtstreifen entsteht dadurch, daß die Eigenmagnetisierung, die sich im Ruhezustand parallel zur Streifenlängsrichtung einstellt, durch die in der Schichtebene liegende Magnetfeldkomponente eines quer zur Streifenlängsrichtung angelegten Magnetfeldes aus dieser Richtung herausgedreht ist. Üblicherweise werden zwei Magnetschichtstreifen oder -streifenmäander, deren Widerstand sich im Magnetfeld gegenläufig ändert, zu einem Spannungsteiler zusammengeschaltet, oder es sind vier Magnetschichtstreifen oder -streifenmäander, die sich paarweise gegenläufig ändern, zu einer Wheatstonebrücke verbunden.

Um eine hohe Magnetfeldempfindlichkeit des Spannungsteilers oder der Sensorbrücke zu erreichen, sind diese mit einer möglichst großen Versorgungsspannung zu betreiben, da das Ausgangssignal zur Betriebsspannung proportional ist. Das erfordert einen relativ hohen Widerstand. Andererseits ist die Anordnung so zu gestalten, daß die Drehbarkeit der Magnetisierung in der Schicht möglichst leicht erfolgen kann. Für lange Schichtstreifen ist letzteres dann der Fall, wenn geringe Schichtdicken und große Streifenbreiten verwendet werden. Da die Dicke der magnetoresistiven Schicht wegen der mit abnehmender Schichtdicke fallenden Widerstandsänderung bei Einwirkung eines Magnetfeldes nach unten begrenzt wird, ist so zur Empfindlichkeitserhöhung eine Flächenvergrößerung des Sensorelementes unerlässlich, damit die leichte Drehbarkeit der Eigenmagnetisierung gewährleistet wird. Damit wird auch der Gesamtwiderstand des Sensors genügend hoch, und bei genügend geringem Leistungsumsatz kann eine hohe Betriebsspannung angelegt werden. Die dazu erforderliche große Chipfläche ist einerseits aus Kostengründen nachteilig, da der Chippreis nahezu proportional zur Chipfläche ist. Andererseits ist eine Vergrößerung der Breite des Sensorelementes in Richtung des zu messenden Magnetfeldes auch dadurch mit einem großen Nachteil verbunden, daß hier die Anwendung von magnetfeldverstärkenden, weichmagnetischen Flußkonzentratorenstreifen, wie sie beispielsweise im EP 0 131 405 beschrieben wird, sehr erschwert wird. Bei der Anordnung nach dem EP 0 131 405 befindet sich der Magnetfeldsensor in einem Spalt zwischen den beiderseits symmetrisch angeordneten weichmagnetischen Streifen. Deren Feldverstärkung ist um so höher, je größer das Verhältnis zwischen Gesamtlänge und Spalllänge ist. Dabei sollte die Dicke der weichmagnetischen Streifen größer sein als die Spalllänge, da sonst ein starker Feldabfall zur Spaltmitte hin erfolgt. In einer Anordnung nach dem EP 0 091 000 wird dieses Problem des Feldabfalls im Spalt scheinbar umgangen, indem dort nur einseitig am Sensor ein weichmagnetischer Streifen angebracht ist. Aber auch hier erfolgt mit zunehmendem Abstand vom weichmagnetischen Streifen ein starker

Feldstärkeabfall. Deshalb ist die Verwendung großflächiger Sensorelemente auf jeden Fall ungünstig, wenn die Magnetfeldbestimmung nicht nur hochempfindlich, sondern auch mit hoher Ortsauflösung erfolgen soll.

Um eine leichte Drehbarkeit der Magnetisierung zu erreichen, können andere Schichtgeometrien als der bisher diskutierte lange schmale Streifen verwendet werden. In der Patentschrift US 3 382 448 wird die Verwendung von kreisförmigen magnetischen Widerständen vorgeschlagen. Kreisförmige Magnetschichten haben keine Formanisotropie in der Ebene und verfügen aus diesem Grunde über eine leichter drehbare Eigenmagnetisierung. Nachteiligerweise ist jedoch der Widerstand einer Kreisfläche einer dünnen Schicht nur durch die Dicke gegeben, und wegen der nach unten begrenzten Schichtdicke magnetoresistiven Materials ist nur ein geringer Widerstandswert und damit auch nur ein geringer Wert der zulässigen Sensorbetriebsspannung möglich. Ein weiterer Nachteil der Anordnung nach der Patentschrift US 3 382 448 besteht darin, daß die Stromlinien in den kreisförmigen Widerstandsbereichen nicht parallel verlaufen. Da die Größe der Widerstandsänderung im magnetoresistiven Material jedoch vom Winkel zwischen Strom und Magnetisierung abhängt und eine breite Winkelverteilung des Stromes in den kreisförmigen Bereichen vorliegt, sind nur sehr geringe Widerstandsänderungen möglich. Damit verbunden ist eine hohe Empfindlichkeit hier nicht vorhanden.

Die Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine mit geringem Aufwand herstellbare Sensoranordnung anzugeben, die die hochempfindliche Magnetfeldmessung bei hoher räumlicher Auflösung und geringer Verlustleistung dadurch ermöglicht, daß die Widerstandsänderung des magnetoresistiven Materials voll ausgenutzt wird, daß eine hohe Brückenbetriebsspannung verwendet werden kann und daß geringe Abmessungen die effektive Anwendung von weichmagnetischen Flußkonzentratoren zulassen.

Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen gekennzeichnete Anordnung gelöst. Die Reihenschaltung vieler elliptischer Bereiche einer magnetoresistiven Schicht ermöglicht die Realisierung von hohen Widerständen. Damit ist bei hoher Betriebsspannung nur eine geringe Verlustleistung vorhanden. Die Verwendung elliptischer Bereiche ist einerseits vorteilhaft, weil die Abmessung der kleinen Halbachse die Breite des durch die Hintereinanderschaltung entstehenden Streifens auf einen geringen Wert hält, so daß die Sensoranordnung in einem Spalt minimaler Breite untergebracht werden kann. Andererseits wird die Zahl der hintereinandergeschalteten Bereiche durch die Länge der großen Halbachse auf einen nicht zu hohen Wert beschränkt. Das ist notwendig, da der relative Anteil der Leitschichtflächen an der Gesamtlänge des entstehenden Streifens mit der genannten Zahl zunimmt, was zu einem geringeren Gesamtwiderstand führen würde. Darüberhinaus trifft in elliptischen Bereichen die bei Kreisen beobachtete Aufspaltung in Teilbereiche mit entgegengesetzter Magnetisierungsrichtung, die zur Unempfindlichkeit des Sensors gegenüber Magnetfeldern führt, erst bei wesentlich geringeren Abmessungen auf.

Der Abstand zwischen den einzelnen elliptischen Bereichen liegt oberhalb eines Mindestwertes. Damit kann durch die magnetische Wechselwirkung der Bereiche untereinander nicht wieder eine Formanisotropie des Gesamtstreifens auftreten. Diese würde wieder zu einer schwereren Drehbarkeit der Magnetisierung führen.

Die Anschlußflächen aus gut leitfähigem Material



wurden in der angegebenen Weise gestaltet, damit die Stromrichtung im jeweiligen magnetoresistiven Bereich im wesentlichen parallel in der ganzen Fläche ist. Gleichzeitig bildet sie einen Winkel mit der Längsrichtung des Gesamtstreifens. Das hat den Vorteil, daß bei der Herstellung der magnetoresistiven Schicht eine gemeinsame Anisotropierichtung für alle elliptischen Bereiche durch Anlegen eines homogenen Magnetfeldes eingepreßt werden kann, die mit der Längsrichtung des Gesamtstreifens übereinstimmt.

Die Anordnung der elliptischen Bereiche von zwei Dünnschichtwiderständen für einen Spannungsteiler oder von vier Dünnschichtwiderständen für eine Wheatstonebrücke in einer Linie hat den Vorteil, daß die Breite des Sensorelementes auf einem minimalen Wert gehalten werden kann. Das Sensorelement kann so in einem möglichst schmalen Spalt einer Flußkonzentratoranordnung untergebracht werden.

Ein über den aus elliptischen Bereichen gebildeten Dünnschichtwiderständen isoliert angeordneter Streifenleiter kann von einem Strom durchflossen werden, der das von außen auf das Sensorelement einwirkende zu messende Magnetfeld gerade wieder aufhebt. Mit einer entsprechenden Regelschaltung kann also im Kompensationsbetrieb gearbeitet werden. Ausgangssignal des Sensors ist dann die Kompensationsstromstärke, die auf jeden Fall proportional zum angelegten Feld und völlig temperaturunabhängig ist. Schwankungen der Materialeigenschaften der magnetoresistiven Schicht und ihrer Schichtdicke spielen so für die Magnetfeldempfindlichkeit keine Rolle mehr.

Über den aus elliptischen Bereichen gebildeten Dünnschichtwiderständen kann auch ein Streifenmäander angeordnet sein, dessen Streifenlängsrichtung über den elliptischen Bereichen quer zur Richtung der Eigenmagnetisierung der Bereiche verläuft. Das Magnetfeld eines Stromes durch diesen Streifenmäander kann vorteilhafterweise zur Ausführung verschiedener Einwirkungen auf das Sensorelement genutzt werden. Nach Anliegen hoher Störfeldstärken kann mit einem Impuls dieses Magnetfeldes die Richtung der Eigenmagnetisierung aller Bereiche wieder eindeutig eingestellt werden. Bei dauerndem Fließen eines Stromes durch diesen Mäander wird die Empfindlichkeit des Sensorelementes auf einen dem erzeugten Magnetfeld entsprechenden Wert herabgesetzt und gleichzeitig wird der Meßbereich des Sensorelementes um den gleichen Faktor erhöht. Dadurch werden Messungen bei höheren Störmagnetfeldern ermöglicht. Durch Stromimpulse, die periodisch in bestimmtem Zeitabstand mit entgegengesetzter Richtung durch den Streifenmäander fließen, kann die Eigenmagnetisierung der Bereiche jeweils in die entgegengesetzte Richtung eingestellt werden. Damit wird auch die Richtung der Widerstandsänderung, die ein äußeres Magnetfeld bewirkt, jeweils umgekehrt. Die Ausgangsspannung einer daraus aufgebauten Brückenschaltung wechselt mit der Periode der Stromimpulse das Vorzeichen. Die Brückenausgangsspannung wird so zu einer Wechselspannung, für die die Ausgangsspannung der Brücke ohne anliegendes äußeres Magnetfeld keine Bedeutung hat. Damit haben auch Temperaturdrift dieser als Offsetspannung der Brücke bezeichneten Nullabweichung keinen Einfluß auf das Meßsignal. Das Sensorelement arbeitet also mit sehr hoher Empfindlichkeit und mit sehr hoher Nullpunktstabilität.

Eine große Magnetfeldverstärkung durch einen Flußkonzentrator wird dadurch erreicht, daß dessen mit weichmagnetischem Material belegte Flächen direkt

neben den elliptischen Bereichen der Dünnschichtwiderstände beginnen. Ein besonders geringer Abstand wird dadurch realisiert, daß die an das Sensorelement angrenzenden weichmagnetischen Teile ebenfalls mit den Methoden der Dünnschichtherstellung und -strukturierung erzeugt sind. Die weichmagnetischen Teile haben allerdings eine wesentlich größere Dicke als die magnetoresistive Schicht. Damit die magnetoresistive Schicht in die Mitte des Spaltes der weichmagnetischen Teile und damit an den Ort des maximalen Magnetfeldes kommt, ist die Chipoberfläche im Gebiet der weichmagnetischen Teile abgesenkt. Auf diese werden dann weichmagnetische Formteile größerer Fläche nachträglich aufgesetzt. Damit benötigen die Sensorelemente nur eine geringe Chipfläche und sind so mit geringem Kostenaufwand herstellbar.

Die Erfindung wird im folgenden an Ausführungsbeispielen näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigt Fig. 1 den Aufbau eines magnetoresistiven Widerstandstreifens aus elliptischen Bereichen. In Fig. 2 ist ein Spannungsteiler aus zwei solcher Widerstandstreifen, über denen sich isoliert ein Streifenleiter befindet, dargestellt. In Fig. 3 ist isoliert über einem entsprechenden Spannungsteiler ein Streifenmäander zu sehen, dessen Streifenlängsrichtung mit der Längsrichtung des Widerstandstreifens einen rechten Winkel bildet. Fig. 4 zeigt einen Sensorchip, das neben zu einem Spannungsteiler geschalteten Widerstandstreifen aus elliptischen Bereichen, über denen sowohl ein Streifenleiter als auch ein Streifenmäander vorhanden ist, in Dünnschichttechnik gefertigte weichmagnetische Teile aufweist, auf die weichmagnetische Formteile aufgesetzt sind.

Ein erfindungsgemäßer Widerstandstreifen auf einem Sensorchip 1 ist schematisch in Fig. 1 dargestellt. Er besteht aus in einer Linie angeordneten elliptischen Bereichen 2 einer anisotrop magnetoresistiven Schicht von etwa 10 nm bis 50 nm Dicke. In der Fig. 1 sind der Einfachheit halber nur vier elliptische Bereiche 2 dargestellt, wirkliche Sensoranordnungen werden davon eine größere Zahl aufweisen. Die großen Halbachsen 4 der elliptischen Bereiche 2 liegen in Längsrichtung des Widerstandstreifens. In diese Richtung zeigt auch die bei der Herstellung in die Schicht eingepreßte Anisotropie. Der Abstand 6 zwischen den elliptischen Bereichen 2, der größer als ein Fünftel der großen Halbachse 4 ist, wird durch nichtmagnetische Leitschichtflächen 3 überbrückt. Die Bedeckung der elliptischen Bereiche 2 durch die Leitschichtflächen 3 jeweils auf beiden Seiten der Ellipsen ist symmetrisch zueinander. Dabei ist jeweils mindestens ein Abschnitt der elliptischen Bereiche 2 bedeckt, der vom Rand her eine größere Ausdehnung hat als ein Drittel der großen Halbachse 4. Die Begrenzungslinien 5 der Leitschichtflächen 3 bilden mit der Längsrichtung des Widerstandstreifens einen Winkel von 45°. Ein durch den Widerstandstreifen fließender Strom bildet durch diese Anordnung mit der Längsrichtung, in die auch die Eigenmagnetisierung in den magnetoresistiven Schichtbereichen 2 ohne äußeres Magnetfeld zeigt, im wesentlichen einen Winkel von -45°, da die Leitfähigkeit der Leitschichtflächen 3 um mehr als den Faktor 10 höher liegt als die der magnetoresistiven Schicht. Ein äußeres Magnetfeld, das in der Ebene der Chipfläche 1 liegt und quer zur Längsrichtung des Widerstandstreifens von links nach rechts zeigt, wird die Magnetisierung in den elliptischen Bereichen 2 nach rechts drehen, damit den Winkel zwischen Strom und Magnetisierung über 45° hinaus vergrößern und so eine Widerstandsabnahme des Widerstandstreifens bewir-



ken. Diese Widerstandsänderung pro angelegter Magnetfeldstärke wird maximal sein, weil sich erstens Winkeländerungen im Bereich von  $45^\circ$  zwischen Strom- und Magnetisierungsrichtung am stärksten auswirken, weil zweitens durch den Abstand der elliptischen Bereiche 2 nur noch eine unwesentliche Gesamtformanisotropie des Widerstandsstreifens der Magnetisierungsrichtung entgegen wirkt und weil drittens die eingeprägte Schichtanisotropie verbunden mit der geringen Formanisotropie der Ellipsen ausreichend ist, um eine Aufspaltung der Magnetisierungsrichtung innerhalb der elliptischen Bereiche 2 zu verhindern. Diese Aussagen sind auch dann noch richtig, wenn die Abmessung der kleinen Halbachse der Ellipsen im Bereich von  $10\text{ }\mu\text{m}$  liegt. Damit ist das Grundelement für hochempfindliche magnetoresistive Sensoren, die in schmale Spalte von Flußkonzentratoranordnungen untergebracht werden können, beschrieben.

Fig. 2 zeigt eine weitere Ausgestaltung der Erfindung. Auf einem Sensorchip 1 sind in einer Linie zwei der oben beschriebenen Widerstandsstreifen, die aus elliptischen Bereichen 2 magnetoresistiver Schicht und aus verbindenden Leitschichtflächen 3 bestehen, zu einem Spannungsteiler mit dem Spannungsausgangskontakt 8 angeordnet. Ohne Einwirkung eines äußeren Magnetfeldes tritt hier ein Ausgangsspannungswert auf; der der Hälfte der an den Spannungsteiler angelegten Betriebsspannung entspricht. Die beiden Widerstandsstreifen unterscheiden sich durch den Winkel der Begrenzungslinie der Bedeckung der elliptischen Bereiche 2. Es wurden  $+45^\circ$  und  $-45^\circ$  gewählt. Dadurch ist die Widerstandsänderung in den beiden Teilen bei Einwirkung eines äußeren Magnetfeldes gegenläufig. Die Änderung der Ausgangsspannung am Kontakt 8 pro Feldstärke wird so maximal. Die Änderung der Ausgangsspannung am Kontakt 8 enthält keinen Anteil, der auf die Änderung des Widerstandswertes der magnetoresistiven Bereiche 2 mit der Temperatur zurückführbar ist. Über den Widerstandsstreifen ist isoliert ein Streifenleiter 7 angeordnet. Ein Strom durch diesen Streifenleiter 7 erzeugt ein Magnetfeld mit der Richtung, wie sie von der darunterliegenden Anordnung gemessen werden kann. Hat dieses Magnetfeld die entgegengesetzte Richtung wie das von außen angelegte Magnetfeld, so ist es bei Regelung des Stromwertes möglich, die elliptischen Bereiche 2 stets im feldfreien Zustand zu halten. Bei der Durchführung dieses Kompensationsverfahrens ist der im Streifenleiter 7 fließende Strom dem angelegten äußeren Feld proportional und stellt das Ausgangssignal des Sensorelementes dar. Dieses ist von der Temperaturabhängigkeit der Änderung des Widerstandes der magnetoresistiven Schicht nicht betroffen.

In Fig. 3 ist über einem Spannungsteiler aus zwei in einer Linie angeordneten Widerstandsstreifen aus elliptischen Bereichen 2 ein Streifenmäander 9 isoliert angeordnet. Mit Hilfe eines Stromes durch diesen Streifenmäander entsteht an den Orten der elliptischen Bereiche 2 magnetoresistiver Schicht ein Magnetfeld in positiver oder negativer Richtung der Längsausdehnung der Widerstandsstreifen. Mit einem Stromimpuls genügender Amplitude ist es so möglich, die Richtung der Eigenmagnetisierung ohne äußeres Magnetfeld in den elliptischen Bereichen 2 einzustellen. Da das Vorzeichen der Widerstandsänderung von der Richtung der Eigenmagnetisierung abhängt, sind in Fig. 3 die Winkel der Begrenzungslinien 5 der Bedeckung mit Leitschichtflächen 3 abwechselnd zu  $+45^\circ$  und  $-45^\circ$  gewählt. Damit ändert sich der Widerstandswert aller elliptischen Berei-

che 2 desselben Widerstandsstreifens bei Magnetfeld-einwirkung stets in gleicher Richtung. Die beiden Widerstandsstreifen des Spannungsteilers ändern ihren Widerstandswert aber wieder gegenläufig. Die Anordnung der Fig. 3 kann für folgende Sensorelementenfunktionen eingesetzt werden:

— Nach Einwirkung eines magnetischen Störfeldes, dessen Amplitude wegen der extrem hohen Empfindlichkeit des Sensorelementes gar nicht sehr groß gewesen sein muß, kann die Richtungen der Eigenmagnetisierung der elliptischen Bereiche 2 beliebig eingestellt haben. Ein Stromimpuls durch den Streifenmäander 9 stellt die für den Betrieb notwendige Richtung wieder her und macht das Element wieder meßbereit.

— Ein ständiger Strom durch den Streifenmäander 9 führt zu einem statischen Magnetfeldwert in Richtung der Eigenmagnetisierung der elliptischen Bereiche 2 und bewirkt eine erschwerte Drehung der Magnetisierungsrichtung. Der Sensor wird unempfindlicher und sein Meßbereich wird erweitert, so daß nun auch höhere Magnetfelder gemessen werden können.

— Ein ständiger Strom durch den Streifenmäander 9 führt zu einem statischen Magnetfeldwert, der der Eigenmagnetisierung der elliptischen Bereiche 2 entgegengesetzt ist. Damit wird die Drehung der Magnetisierungsrichtung erleichtert und die Sensorempfindlichkeit weiter erhöht.

— Durch den Streifenmäander 9 wird mit einer bestimmten Periodendauer abwechselnd ein Stromimpuls entgegengesetzter Richtung geschickt. Damit wird die Richtung der Eigenmagnetisierung der elliptischen Bereiche 2 ständig gewechselt. Am Ausgang des Spannungsteilers entsteht so bei Anliegen eines äußeren Magnetfeldes eine Wechselspannung mit feldabhängiger Amplitude. Die Trennung dieser Wechselspannung vom vorhandenen Gleichspannungsanteil führt zu einem Signal, das durch Driften des Gleichspannungsanteiles nicht mehr gestört ist. Zur hohen Magnetfeldempfindlichkeit des Sensorelementes kommt also noch die hohe Nullpunktstabilität hinzu.

Fig. 4 zeigt die Anordnung eines Sensorelementes auf einem Sensorchip 1 im Spalt einer Flußkonzentratoranordnung. Das Sensorelement enthält über beiden Widerstandsstreifen aus elliptischen Bereichen 2 und aus Leitschichtflächen 3, die einen Spannungsteiler bilden, sowohl einen Streifenleiter 7 als auch einen Streifenmäander 9. Damit kann das Sensorelement im Wechselspannungsbetrieb mit geringer Nullpunktsdrift und im Kompensationsbetrieb ohne Temperatureinfluß in Funktion gesetzt werden. Auf der Chipfläche 1 sind zu beiden Seiten des Sensorelementes Flächen mit in Dünnschichttechnik hergestelltem weichmagnetischem Material 10 belegt. Auf diese Flächen sind auf beiden Seiten weichmagnetische Formteile 11 aufgesetzt. Die Zeichnung in der Fig. 4 ist nicht maßstäblich, sie zeigt nur das Prinzip der Anordnung. Der Spalt mit den Flächen des weichmagnetischen Materials 10 hat in einer realen Anordnung etwa eine Breite von  $20\text{ }\mu\text{m}$ . Die Gesamtausdehnung der weichmagnetischen Formteile 11 in der Richtung quer zum Spalt liegt in der Größe von 20 mm, während ihre Dicke größer als die Spaltbreite ist. Dadurch wird im Spalt eine Flußkonzentration er-



möglichst, die eine Vergrößerung der Magnetfeldstärke im Spalt gegenüber der außen angelegten Feldstärke um bis zu drei Größenordnungen zuläßt. Da diese vergrößerte Feldstärke auf das eigentliche Sensorelement einwirkt ist so ein höchstempfindliches Magnetfeldmeß-  
element entstanden.

#### Patentansprüche

1. Sensorchip (1), auf dem zur hochauflösenden Messung der magnetischen Feldstärke ein oder mehrere Dünnschichtwiderstände angeordnet sind, die den magnetoresistiven Effekt zeigen, dadurch gekennzeichnet, daß die Dünnschichtwiderstände aus elektrisch in Reihe geschalteten elliptischen Bereichen (2) magnetoresistiver Schicht bestehen und die einzelnen elliptischen Bereiche (2) voneinander einen Abstand (6) haben, der größer ist als ein Fünftel der großen Halbachse der Ellipsen, und daß die elektrische Verbindung zu den Anschlußflächen und zwischen den elliptischen Bereichen (2) durch nichtmagnetische Leitschichtflächen (3) hergestellt ist, die die elliptischen Bereiche (2) teilweise bedecken, und daß die Bedeckung der elliptischen Bereiche (2) jeweils an beiden Seiten symmetrisch zueinander und mindestens bis zu einem Abstand vom Rand der elliptischen Bereiche (2) vorhanden ist, der ein Drittel der großen Halbachse beträgt, und daß die Begrenzungslinie der Bedeckung der elliptischen Bereiche (2) einen Winkel mit der großen Halbachse bildet.
2. Sensorchip nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei durch elliptische Bereiche (2) gebildete Dünnschichtwiderstände zu einem Spannungsteiler zusammengeschaltet sind.
3. Sensorchip nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die den Spannungsteiler bildenden Dünnschichtwiderstände in einer Linie angeordnet sind, und daß ein Mittelabgriff (8) für das Herausführen der Ausgangsspannung vorhanden ist.
4. Sensorchip nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vier durch elliptische Bereiche (2) gebildete Dünnschichtwiderstände zu einer Wheatstone-Brücke zusammengeschaltet sind.
5. Sensorchip nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß alle vier Dünnschichtwiderstände der Wheatstone-Brücke in einer Linie angeordnet sind.
6. Sensorchip nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetisierung in allen elliptischen Bereichen (2) in gleiche Richtung weist.
7. Sensorchip nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß über jedem aus elliptischen Bereichen (2) bestehenden Dünnschichtwiderstand isoliert ein Streifenleiter (7) angeordnet ist, dessen Längsrichtung mit der Richtung der Eigenmagnetisierung der elliptischen Bereiche (2) übereinstimmt.
8. Sensorchip nach Anspruch 1 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß über den Dünnschichtwiderständen isoliert ein Streifenmäander (9) so angeordnet ist, daß die Längsrichtung seiner Streifen über den elliptischen Bereichen (2) einen rechten Winkel mit der Eigenmagnetisierung der magnetoresistiven elliptischen Bereiche (2) bildet.
9. Sensorchip nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Mäanderstreifen über den Dünnschichtwiderständen abwechselnd über einem elliptischen Bereich (2) und über einer nichtmagnetischen Leitschichtfläche (3) liegen, so daß bei Strom-

durchfluß durch den Streifenmäander (9) am Ort aller magnetoresistiven elliptischen Bereiche (2) die gleiche Magnetfeldrichtung vorliegt.

10. Sensorchip nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Mäanderstreifen über den Dünnschichtwiderständen jeweils über den elliptischen Bereichen (2) liegen, so daß bei Stromdurchfluß durch den Streifenmäander (9) am Ort der magnetoresistiven elliptischen Bereiche (2) eines Widerstandes das Magnetfeld abwechselnd in entgegengesetzte Richtung weist.

11. Sensorchip nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Chipfläche neben den Dünnschichtwiderständen ein- oder beidseitig mit weichmagnetischem Material (10) belegte Flächen vorhanden sind.

12. Sensorchip nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das weichmagnetische Material (10) auf der Chipfläche durch Methoden der Dünnschichttechnologie hergestellt ist.

13. Sensorchip nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Chipfläche im Bereich des weichmagnetischen Materials (10) gegenüber dem Bereich der Dünnschichtwiderstände abgesenkt ist.

14. Sensorchip nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß auf das weichmagnetische Dünnschichtmaterial (10) weichmagnetische Formteile (11) aufgesetzt sind.

15. Sensorchip nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel  $45^\circ$  ist.

16. Sensorchip nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kleine und die große Halbachse der Ellipsen übereinstimmen.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



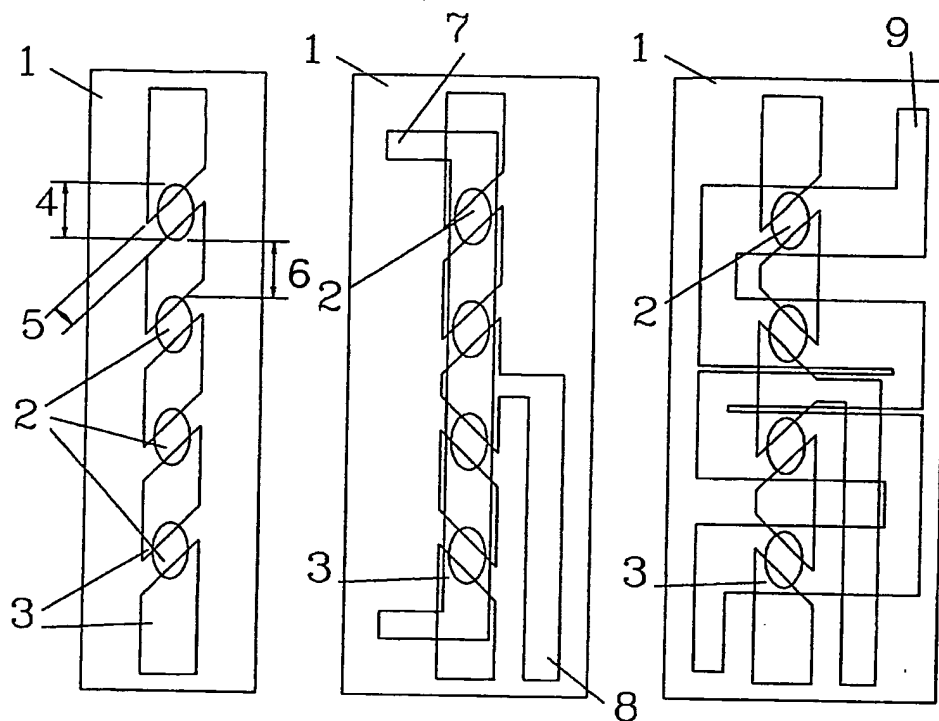


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

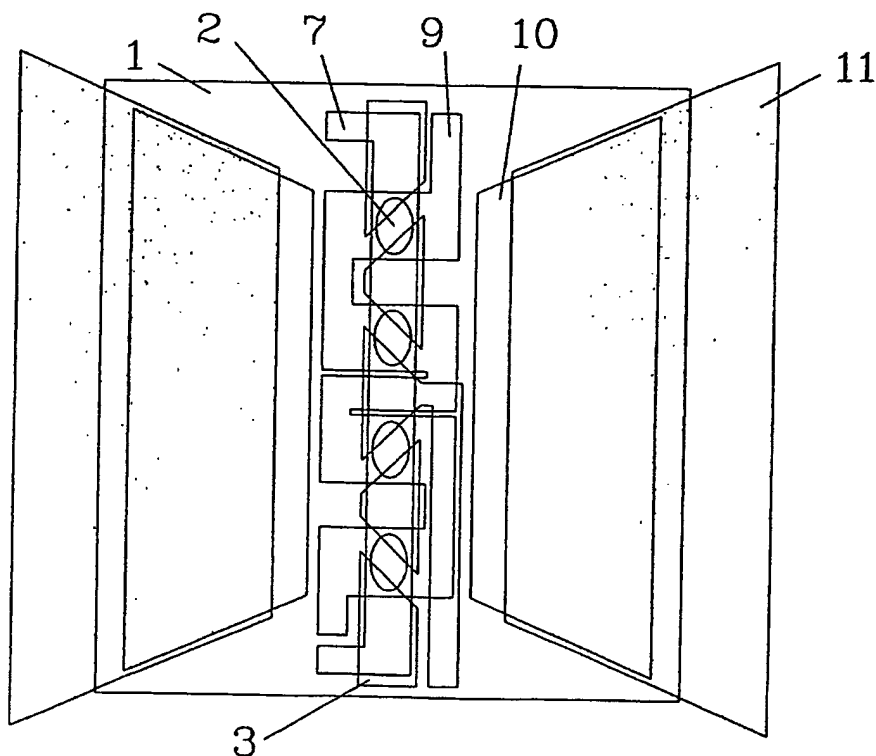


Fig. 4